

ITINERARIO INTERNAZIONALE E78 S.G.C. GROSSETO – FANO
Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa
Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2)
e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3)
1° stralcio

PROGETTO DEFINITIVO

COD. AN58

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI

PROGETTISTI:

Ing. VINCENZO MARZI
Ordine Ingegneri di Bari n. 3594

IL GEOLOGO

Geol. FRANCESCO MATALONI
Ordine Geologici del Lazio n. 725

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.

Arch. GIOVANNI MAGARO'
Ordine Architetti di Roma n. 16183

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO

Dott. ing. ANTONIO SCALAMANDRÈ

PROTOCOLLO

DATA:

GALLERIA GUINZA
Relazione Geotecnica

CODICE PROGETTO

PROGETTO LIV. PROG. N. PROG.

L0702M D 1801

NOME FILE

T00GE00GETRE01A

CODICE ELAB.

T00GE00GETRE01

REVISIONE

A

varie

D					
C					
B					
A	EMISSIONE	Giugno 2018			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE GEOTECNICA

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	3
2.1 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE	3
2.2 RIFERIMENTI PROGETTUALI.....	3
2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E PROGETTUALI	3
3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
4. LE OPERE D'ARTE DI PROGETTO	6
5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	10
5.1 FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA.....	10
5.2 TERRENI DI COPERTURA	11
6. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI PER IL BY PASS DELLA GALLERIA GUINZA...	12
6.1 CRITERIO DI CARATTERIZZAZIONE	12
6.1.1 Caratterizzazione ammasso.....	14
7. QUADRO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO MURI E PARATIE DI IMBOCCO LATO UMBRIA.....	18
7.1 DATI UTILIZZATI	18
7.2 SISMICITA'	2

1. PREMESSA

La presente relazione fa parte della documentazione allegata al Progetto Definitivo delle opere di imbocco lato Umbria della galleria della Guinza facente parte dell'itinerario Internazionale E78 S.G.C. Grosseto – Fano – Tratto Selci Lama (E45) – S. Stefano di Gaifa - Adeguamento a 2 corsie della Galleria della Guinza (lotto 2) e del tratto Guinza – Mercatello Ovest (lotto 3).

La galleria Guinza si colloca nella zona di confine tra le regioni di Umbria e Marche all'interno dell'itinerario Internazionale E78 (S.G.C. E78), e appartiene ad un nuovo tratto stradale pensato per connettere, prevalentemente con direzione da sud-ovest a nord-est, la città toscana di Grosseto alla città marchigiana di Fano, rispettivamente lungo i percorsi delle strade europee E80 (la Strada statale 1 Via Aurelia) ed E55 (l'Autostrada A14).

Allo stato attuale, in corrispondenza della galleria della Guinza il tracciato realizzato in passato, che prevedeva uno sviluppo su doppia carreggiata, necessita di adeguamenti strutturali ed impiantistici per poter essere messo in opera, sia lungo il tratto umbro a partire dallo svincolo di Selci Lama, sia lungo il tratto marchigiano fino a Mercatello sul Metauro, con l'obiettivo finale di realizzare una sezione stradale di tipo C, con una carreggiata di larghezza complessiva almeno 9,50 m con una corsia per senso di marcia di larghezza 3,50 m.

Nella presente relazione si riportano le problematiche geotecniche affrontate per la progettazione delle opere necessarie al completamento della tratta in esame.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

2.1 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI TECNICHE

- [1] D.M. del 17.01.2018 Aggiornamento delle *Norme Tecniche per le costruzioni*

2.2 RIFERIMENTI PROGETTUALI

- [2] T00GE00GEORE01 - *"Relazione geologica e idrogeologica"*
- [3] T00GE00GEOCG01÷12_A - *"Carta geologica"*
- [4] T00GE00GEOFG01÷12_A - *"Profilo geologico"*

2.3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E PROGETTUALI

- [5] AGI – Associazione Geotecnica Italiana (1997) *"Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche"*.
- [6] AGI – Associazione Geotecnica Italiana (1994) *"Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio"*.

3. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

La galleria Guinza si colloca nella zona di confine tra le regioni di Umbria e Marche all'interno dell'itinerario Internazionale E78 (S.G.C. E78), asse che costituisce un'infrastruttura strategica di preminente interesse nazionale, nata con l'obiettivo di costituire un importante collegamento trasversale tra il versante adriatico e quello tirrenico dell'Italia centrale, appartenente alla rete transeuropea stradale "comprehensive pianificata" (TEN-T).

Il tracciato connette, prevalentemente con direzione da sud-ovest a nord-est, la città toscana di Grosseto alla città marchigiana di Fano, rispettivamente lungo i percorsi delle strade europee E80 (la Strada statale 1 Via Aurelia) ed E55 (l'Autostrada A14).

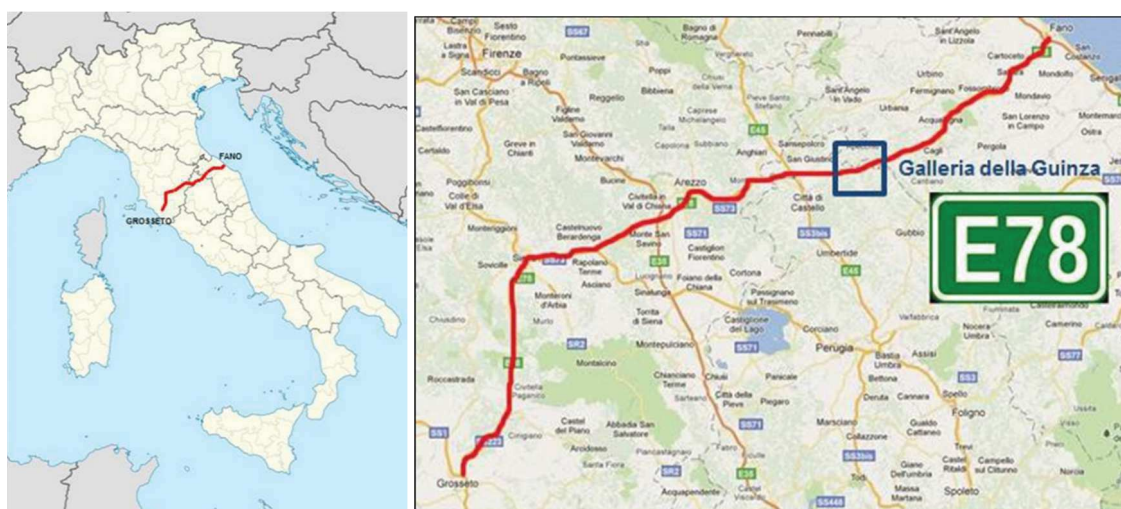


Figura 1: Localizzazione tracciato E78 e della galleria Guinza

Allo stato attuale, in corrispondenza della galleria della Guinza il tracciato realizzato in passato, che prevedeva uno sviluppo su doppia carreggiata, necessita di adeguamenti strutturali ed impiantistici per poter essere messo in opera, sia lungo il tratto umbro a partire dallo svincolo di Selci Lama, sia lungo il tratto marchigiano fino a Mercatello sul Metauro, con l'obiettivo finale di realizzare una sezione stradale di tipo C, con una carreggiata di larghezza complessiva almeno 9,50 m con una corsia per senso di marcia di larghezza 3,50 m.

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE GEOTECNICA



Figura 2:: Adeguamento tracciato stradale

Questo progetto esamina le opere necessarie al completamento del tracciato già realizzato e il collegamento all'asse viario esistente.

4. LE OPERE D'ARTE DI PROGETTO

Le opere in progetto riguardano la tratta all'aperto in corrispondenza dell'imbocco lato Umbria della galleria Guinza dove viene realizzato lo svincolo di connessione con la viabilità esistente, la zona di uscita lato marche della stessa galleria, lo scavo di un by-pass carrabile per la galleria Guinza, necessario in questa fase per la collocazione di uno dei locali impianti, e la realizzazione di un by-pass pedonale per la galleria S. Antonio.

Viene invece rimandata al secondo stralcio la realizzazione del cunicolo di emergenza previsto in affiancamento alla galleria esistente ed il collegamento con gli altri by-pass. All'interno della galleria è stato previsto di eseguire degli interventi strutturali limitatamente alle tratte in cui il rivestimento definitivo risulta ammalorato, mentre gli imbocchi dei by-pass verranno messi in sicurezza e chiusi tramite una parete che ripristini la continuità del rivestimento.

L'unico dei by-pass carrabili predisposti verrà scavato, alla progressiva 2777.59, per ricavare lo spazio necessario alla collocazione di uno dei locali impianti a servizio della galleria.

Sarà inoltre necessario procedere alla messa in sicurezza delle opere provvisorie di imbocco e alla sistemazione definitiva delle due aree.

All'imbocco lato Umbria, località Parnacciano, sono presenti due paratie provvisorie di micropali, una in corrispondenza dell'imbocco della galleria e l'altra parallela al tracciato e a sostegno di un versante a valle del quale verrà realizzata una rotatoria di collegamento alla strada esistente.

La paratia all'imbocco della galleria non mostra evidenze di sofferenza strutturale, ma poiché è in opera dai primi anni 2000 ed è necessario eseguire ulteriori lavorazioni nell'area, è stato previsto di mantenere la sua funzione provvisoria e di realizzare un rinforzo strutturale tramite la realizzazione di un opportuno numero di nuovi tiranti.

Come si evince dal certificato di collaudo, la paratia esistente è costituita da micropali diametro Φ 200, passo 0,40m. I pali sono lunghi fino a 18 m con un tratto infisso pari a circa 5m. Vi sono 2 o 3 ordini di tiranti inclinati 15° sull'orizzontale, costituiti da 4 a 6 trefoli, ad interasse variabile tra 2.4 m e 3.6 m. La trave di ripartizione è costituita da un doppio profilato HEA220 in acciaio Fe430. Il progetto prevede la realizzazione di 2 o 3 nuovi ordini di tiranti in aggiunta a quelli esistenti.

Verrà in seguito realizzato un tratto di galleria artificiale e il ritombamento di tutto lo sviluppo della paratia a completamento dell'imbocco nella sua configurazione definitiva attraverso un rilevato rinforzato mediante la presenza di griglie metalliche; in questa fase si prevede di mettere in sicurezza e ritombare anche la zona in cui è stato individuato il futuro imbocco del cunicolo di emergenza, la cui realizzazione è prevista nell'ambito del secondo stralcio di questo progetto. Anche la paratia parallela all'asse stradale non mostra evidenze di sofferenza strutturale e per essa si prevede la messa in sicurezza tramite la realizzazione di un muro di sostegno definitivo.

PROGETTO DEFINITIVO
RELAZIONE GEOTECNICA



Figura 3 – Sistemazione imbocco lato Umbria

Per quanto attiene i muri di sostegno, essi sono del tipo in c.a. gettati in opera e sorgeranno tutti in corrispondenza della rotatoria che realizza, lato Umbria, la connessione alla viabilità esistente SP200.

In particolare, si prevede il ricorso a tre distinti tratti di muri:

- muri "Asse 3" e muri "Asse 5", di sottoscarpa, preposti a sottendere il rilevato stradale;
- muro di consolidamento della berlinese di micropali esistente ubicata a ovest della futura rotatoria, di controripa.

Quest'ultimo, in particolare, costituisce la struttura di sostegno definitiva in luogo della berlinese, la quale è un'opera a carattere provvisoria non in grado di esplicitare adeguate condizioni di sicurezza e di funzionalità come presidio permanente.

I muri di sottoscarpa ed il muro di consolidamento della paratia di micropali presentano una massima altezza fuori terra del paramento pari, rispettivamente, a ca 8.0m e 10.7m.

Tutti i muri di interesse sono fondati su micropali colati a gravità di diametro di perforazione $\phi 300$ mm, armati con profili tubolari metallici in acciaio S355 J0 di diametro esterno pari a $d_e=219.1$ mm, spessore di $s=16$ mm, disposti su più file su maglia a quinconce con passo longitudinale e trasversale $i=1.0$ m e di lunghezza L compresa fra 13.0m e 20.0m in funzione delle sollecitazioni confluenti sulle fondazioni. L'impiego dei micropali è in particolare avvalorato alla luce del contesto geotecnico in cui si opera: l'attraversamento del substrato marnoso-arenaceo, a consistenza litoide, costituisce una soggezione esecutiva, che rende l'applicazione con micropali preferenziale rispetto a tecnologie alternative proprio a causa delle difficoltà connesse alla perforazione del materiale lapideo.

Per i muri di sottoscarpa, la superficie di scavo provvisoria, realizzata in modo da assicurare la stabilità del terreno durante la costruzione del muro e prima delle operazioni di riempimento a tergo, viene profilata con pendenza $h/b=1/1$, ricorrendo localmente ad una sistemazione a gradoni che favorisce il corretto ammorsamento del riempimento sui fianchi del rilevato

esistente. La scarpata definitiva sottesa dall'opera, caratterizzata da altezze massime comunque inferiori ai 5.0m, viene profilata con pendenza $h/b=2/3$.

L'intervento prevede, infine, la realizzazione di un sistema di canalette per l'intercettazione delle acque meteoriche, opportunamente raccordate.

La soluzione progettuale adottata per l'esecuzione del ritombamento lato Umbria prevede la costruzione di un rilevato rinforzato mediante la presenza di griglie metalliche.

L'opera va a inoltre a riambientare la paratia in micropali di imbocco della galleria.

Il rilevato in terra rinforzata sarà realizzato da una struttura tipo Terramesh Verde con paramento a vista inclinato di 70° rispetto all'orizzontale, costituito da strati alternati di griglie in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale rivestita e di terre fornite a piè d'opera di idonee caratteristiche geotecniche.

Sul fronte è previsto l'inserimento di una berma con funzione rompi-tratta di ampiezza $L=2.0m$.

L'opera in terra rinforzata presenta uno sviluppo lineare del fronte di lunghezza pari a circa 80m, valutati sul ciglio sommitale del paramento.

Il manufatto presenta altezze massime pari a ca 10.0 m, ed è costituito dalla sovrapposizione di pacchetti rinforzati di spessore 76cm (finito dopo costipamento).

I rinforzi sono caratterizzati da lunghezze di ancoraggio variabili fra 3.0m e 10.0m e da resistenze di picco $RP = 50kN/m$.

Sul fronte delle terre rinforzata viene predisposto un tessuto in poliestere a maglia in catena con inserzione di trama, con funzione di ritentore della componente fine del terreno di riempimento e antierosiva fino alla crescita delle essenze vegetali, e delle costolature di irrigidimento, che garantiscono la corretta inclinazione e favoriscono la compattazione in prossimità del paramento.

Il rinverdimento finale del fronte dell'opera assume un'importanza notevole, rendendo il manufatto sicuramente più omogeneo, gradevole e perfettamente inserito nel contesto ambientale circostante, oltre a proteggere dal dilavamento l'intero paramento frontale.

All'imbocco lato Marche, in direzione della località Mercatello, non sono presenti opere di sostegno poiché il versante si prestava alla realizzazione di un imbocco diretto della galleria. In questa fase si procederà perciò alla messa in sicurezza della dima di imbocco, realizzata a suo tempo, con un tratto di galleria artificiale e alla sistemazione del versante tramite un intervento di protezione con rete metallica e una chiodatura opportunamente distribuita.

Verrà invece realizzata una nuova paratia di pali con funzione definitiva nella zona in affiancamento dell'imbocco della galleria Valpiana dove è necessario ricavare un piazzale per il posizionamento di un locale impianti.

L'opera da realizzare è una paratia definitiva costituita da pali in calcestruzzo armato di diametro pari a 80cm posti ad interasse 1m.

Vista la natura definitiva dell'opera si è optato, nella scelta della tipologia di vincolo, per ancoraggi passivi costituiti da micropali $\Phi 150$ armati con tubolari in acciaio S355 $\Phi 88.9$ spessore 10 mm. Vi sono al massimo 4 ordini di ancoraggi passivi inclinati 15° sull'orizzontale posti ad interasse trasversale pari a 3m.

Per la galleria S. Antonio verrà realizzato un by-pass di collegamento tra le due canne in modo da utilizzare la canna di valle come uscita di emergenza.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla consultazione della relazione di calcolo e degli elaborati grafici allegati al progetto.

5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

5.1 FORMAZIONE MARNOSO-ARENACEA

In tutta l'area rilevata affiora diffusamente la Formazione Marnoso-Arenacea: si tratta di una successione torbiditica data dall'alternanza di arenarie più o meno cementate e marne, solo raramente passanti ad argille, di età miocenica (dal Langhiano al Tortoniano). Gli strati pelitici sono costituiti essenzialmente da marne, marne calcaree, marne argillose e marne siltose; in affioramento la formazione assume un colore giallo ocra per ossidazione, favorita dalla degradazione fisica della roccia spinta sino ad alcuni metri di profondità.

La formazione presenta un colore grigio con tonalità che va dalla chiara, negli strati francamente arenacei e in quelli più marnoso - calcarei, a grigio scuro negli strati più argillosi. Il passaggio tra peliti e areniti è spesso meno netto rispetto a quanto si osserva negli affioramenti, ma più graduale ad eccezione dei casi in cui le arenarie sono ben cementate e prive, o quasi, di matrice limo - argillosa.

Come accennato, la Formazione ha un notevole spessore e presenta una certa uniformità di caratteristiche litologiche e stratigrafiche; tuttavia, all'interno della successione sono distinguibili:

- un membro inferiore che coincide con la parte inferiore del "Membro di Galeata" con predominanza di torbiditi silico-clastiche con paleo-correnti verso SudEst. Gli strati arenitici hanno spessore variabile tra 20 e 200 cm, ed il rapporto Arenaria/Pelite (A/P) è a favore della parte pelitica, con rapporti da $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{6}$. Questo membro affiora diffusamente a cavallo del confine Marche-Umbria, a partire dal contatto tettonico (sovrascorrimento) nei pressi del Monte La Casina, ed interessando in profondità gran parte del tratto umbro della galleria della Guinza (e dunque del costruendo cunicolo di emergenza). Lo spessore affiorante è di circa 400 m, ma quello ricostruito a partire dalle correlazioni geologico-stratigrafiche è decisamente superiore, fino a circa 1000 m.
- un membro intermedio costituito da torbiditi arenaceo-pelitiche con rapporto A/P da $\frac{1}{1}$ a $\frac{1}{4}$, con notevole abbondanza di strati calcarenitici, spessi fino a 3 m, con clasti calcarei organogeni e silicatici, che si alternano ad areniti sottilmente stratificate. Verso la porzione sommitale, si osserva una generale diminuzione della componente arenitica, a vantaggio di quella pelitica, con rapporti A/P oscillanti tra $\frac{1}{6}$ e $\frac{1}{10}$; questa variazione di facies è marcata da uno strato guida calcarenitico di circa 2,5 m di spessore, in letteratura noto come "strato Val di Pierle", che è a sua volta associato ad un banco di arenaria di circa 4 m, posto una ventina di metri più in basso. Lo spessore è di circa 500 m. Questi due membri sono separati da un livello-guida ("strato Contessa"), banco arenaceo plurimetrico (6-7 m di spessore) accoppiato ad un orizzonte marnoso massivo di analogo spessore; questo strato si segue con continuità per centinaia di chilometri sia sul lato umbro che in quello marchigiano.
- un membro superiore noto come "Membro di Collina, con torbiditi pelitico-arenacee con rapporto A/P tra $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{6}$. Gli strati arenacei hanno colorazione beige-marroncina,

mentre le peliti sono costituite da marne/siltiti grigie finemente stratificate. Il massimo spessore affiorante è di circa 300 m. Esso occupa in affioramento la parte finale (lato-Marche) del tracciato della galleria Guinza, a partire dai rilievi a sud di Pian Marzolino.

5.2 TERRENI DI COPERTURA

Per “terreni di copertura” si intendono quei termini litologici sedimentari depositi in ambiente sub-aereo (continentale), e che, di conseguenza, non sono correlati stratigraficamente alla Formazione Marnoso-Arenacea, bensì sono ad essa sovrapposti con contatti eteropici. In realtà, in zona queste coperture sono sporadiche, molto discontinue, e non presentano spessori considerevoli, tranne in pochi casi; ciò fa sì che la loro importanza progettuale sia limitata al bypass pedonale della galleria S. Antonio, più superficiale, mentre è pressoché inesistente nel calcolo del bypass carrabile tra la galleria Guinza ed il cunicolo di emergenza.

I depositi di copertura possono essere distinti in:

- Alluvioni recenti ed attuali di fondovalle, prevalentemente di natura ghiaiosa e sabbiosa con intercalate lenti limoso argillose. Sono presenti solo nella parte bassa delle valli principali. Presentano spessori non rilevanti, da qualche metro fino ad un massimo di circa 10 m alla confluenza tra il S. Antonio ed il Metauro, nei pressi di Mercatello.
- Detriti di falda orlano il piede dei versanti vallivi dei due corsi d’acqua principali (Fosso della Guinza – Torrente S. Antonio e Fosso di Parnacciano) e nelle piccole valli tributarie. La natura è prevalentemente sabbioso limosa, talora più francamente argillosa, con frammenti lapidei arenacei. Gli spessori, alcuni direttamente accertati con i sondaggi geognostici, sono modesti e dell’ordine di alcuni metri.
- Depositi di conoide torrentizia sono frequenti allo sbocco delle valli laterali più ampie, in sinistra del Torrente S. Antonio. Sono generalmente formati da detriti eterogenei con granulometria variabile da ghiaiosa a sabbioso ghiaiosa. Ghiaie e ciottoli presenti nel sedimento sono caratterizzati da morfologia tabulare, a spigoli poco arrotondati. Essi formano corpi geologici tipicamente a “ventaglio”, il cui apice è ubicato allo sbocco dei torrenti che confluiscono nella valle principale, mentre il limite esterno generalmente non è ben distinto dai sedimenti detritici ed alluvionali, con i quali sono a contatto in eteropia laterale di facies.
- Detriti di frana sono distribuiti sui versanti dei piccoli bacini tributari. Sono costituiti da materiale prevalentemente argilloso limoso-sabbioso, che ingloba frammenti lapidei di varie dimensioni, di natura quasi sempre arenacea.

6. CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI PER IL BY PASS DELLA GALLERIA GUINZA

In assenza di indagini in sito ed in laboratorio utili a fornire una caratterizzazione efficace dei materiali interessati dalla realizzazione delle opere di bypass, si è fatto strettamente riferimento alla parametrizzazione eseguita in fase di progetto esecutivo.

6.1 CRITERIO DI CARATTERIZZAZIONE

Le proprietà meccaniche dell'ammasso roccioso vengono determinate in funzione delle caratteristiche del materiale roccioso intatto e delle discontinuità presenti.

Apposite classifiche vengono indicate in letteratura allo scopo di formulare un giudizio sulla "qualità" dell'ammasso sulla base di alcuni parametri indice.

I due sistemi di classificazione più tipicamente utilizzati sono stati storicamente formulati per avere una stima speditiva della tipologia di sostegno da adottare nello scavo delle gallerie naturali e, solo in un secondo momento, sono stati sfruttati per ricavare i parametri di resistenza e deformabilità dell'ammasso (Hoek e Brown, 1980). Si fa riferimento nello specifico al "Rock Mass Rating" (indice RMR) di Bieniawski (1984, 1989) ed al "Rock tunnelling quality index" (indice Q) di Barton (1974).

In seguito, nel 1995 Hoek ed al., hanno introdotto l'indice GSI (Geological Strength Index) basato sulle caratteristiche geolitologiche e strutturali della formazione e delle condizione delle superfici di discontinuità dell'ammasso. La stima dell'indice GSI viene effettuata secondo lo schema riportato in figura o attraverso la definizione degli indici che lo definiscono:







Geological strength index for jointed rocks (Hoek and Marinos, 2000)		SURFACE CONDITIONS				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
	INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
	BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
	VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
	BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
	DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
	LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					10
					N/A	N/A

Figura 4 - Indice GSI (Hoek e Marinos, 2000)

PROGETTO DEFINITIVO
 RELAZIONE GEOTECNICA

- A1 valore numerico derivato dalla resistenza della roccia intatta
- A2 valore numerico derivato dall'indice RQD
- A3 valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità
- A4 valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità
- A5 valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche
- A6 indice di correzione per la giacitura delle discontinuità.

I coefficienti numerici che vengono assegnati ai vari parametri dall'ultima versione del sistema (1989) sono indicati nelle tabelle seguenti:

A1 – RESISTENZA DELLA ROCCIA INTATTA

I_r (MPa)	> 10	4 – 10	2 – 4	1 – 2	Non applicabile – usare σ_c		
σ_c (MPa)	> 250	100 – 250	50 – 100	25 – 50	5 – 25	1 – 5	< 1
COEFFICIENTE	15	12	7	4	2	1	0

A2 – INDICE RQD

RQD (%)	90 – 100	75 – 90	50 – 75	25 – 50	< 25
COEFFICIENTE	20	17	13	8	3

A3 – SPAZIATURA DELLE DISCONTINUITÀ "s"

s (cm)	> 200	60 - 200	20 - 60	6 - 20	< 6
COEFFICIENTE	20	15	10	8	5

A4 – CONDIZIONI DELLE DISCONTINUITÀ

CONDIZIONE	Molto scabre Non continue Chiuse Pareti non alterate	Leggermente scabre Continue Apertura < 1 mm Pareti leggermente alterate	Leggermente scabre Continue Apertura < 1 mm Pareti alterate	Piane o lisce Continue Apertura 1 – 5 mm Riempimento < 5 mm	Continue Apertura > 5 mm Riempimento > 5 mm
COEFFICIENTE	30	25	20	10	0

A5 – CONDIZIONI IDRAULICHE

CONDIZIONE	ASCIUTTA	UMIDA	BAGNATA	DEBOLI VENUTE	FORTI VENUTE
coefficiente	15	10	7	4	0

A seconda della tipologia di applicazione viene poi applicato un coefficiente di correzione A6 per l'orientamento delle discontinuità.

A6 – ORIENTAMENTO DELLE DISCONTINUITÀ

APPLICAZIONE	MOLTO FAVOREVOLE	FAVOREVOLE	MEDIOCRE	SFAVOREVOLE	MOLTO SFAVOREVOLE
Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
Versanti	Non applicabile – utilizzare la classificazione SMR				

Tale coefficiente riflette l'influenza della giacitura delle famiglie sulla stabilità del fronte di scavo a seconda dei mutui rapporti di giacitura ed il valore da utilizzare va riferito alla famiglia più sfavorevole come correttamente fa il sistema SMR.

Figura 5 – Indici per la valutazione del GSI

La resistenza dell'ammasso viene espressa, come già accennato, in termini di sollecitazioni principali efficaci σ'_1 e σ'_3 mediante il criterio non lineare di Hoek e Brown (1980):

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma'_3}{\sigma_c} + s \right)^a$$

dove

σ_c indica la resistenza a compressione uniassiale del materiale roccioso;

m_b , s ed a sono costanti che caratterizzano l'ammasso roccioso

La resistenza a compressione uniassiale σ_c può essere determinata da prove di laboratorio su campioni di roccia intatta oppure, in assenza di prove dirette, da indicazioni reperibili in letteratura (Hoek, 1983; Doruk, 1991; Hoek et al., 1992).

Per quanto riguarda le costanti m_b , s ed a , Hoek, Carranza-Torres e Corkum (2002) hanno proposto le seguenti relazioni con l'indice GSI:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right);$$
$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right);$$
$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\frac{GSI}{15}} - e^{\frac{20}{3}} \right)$$

in cui m_i è una costante che caratterizza il materiale roccioso, determinata mediante prove triassiali di laboratorio o stimata dai dati di letteratura, e D è un fattore variabile tra 0 e 1 che dipende dal grado di disturbo dovuto alle operazioni di scavo e al detensionamento dell'ammasso (0 per un ammasso indisturbato, 1 per un ammasso molto disturbato).

La stima del modulo elastico dell'ammasso è stata effettuata utilizzando la relazione proposta da Serafim e Pereira (1983), successivamente modificata da Hoek (2002):

$$E(GPa) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_c}{100}\right)^{0.5} \cdot 10 \cdot \exp\left(\frac{GSI - 10}{40}\right)$$

6.1.1 Caratterizzazione ammasso

L'ammasso interessato dalla realizzazione dell'opera appartiene alla famiglia del 'Membro di Galeata-Torbiditi silico-clastiche'. Come già annunciato, in assenza di indagini in sito e/o in laboratorio a disposizione del progettista, si è fatto riferimento alla relazione Geomeccanica (Rel. n. R1407.P1.03) ed a quella di Calcolo (Rel. n. R1407.P2.02b) eseguite entrambe in fase di progettazione esecutiva. In particolare nella relazione di Calcolo veniva indicato che per la classe di copertura 3, corrispondente ad un range di profondità tra i 150 ed i 250 m, i bypass erano caratterizzati da gruppi geomeccanici e condizioni tensionali naturali prossime a quelli di G3 e G4, riportati nelle figure seguenti. Si evidenzia come il presente bypass sia situato ad una copertura prossima ai 230 m.

PROGETTO DEFINITIVO
 RELAZIONE GEOTECNICA

TABELLA 3
 AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PESARO E URBINO
 Galleria GUINZA della S.G.C. Grosseto -Fano - Progettazione esecutiva
 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLA MASSA ROCCIOSA

		Gruppo geomeccanico G3		
		intervallo di valori		
REFERENZE	PARAMETRI	minimo	medio rappr.	massimo
	Litologie prev.	50% Arenaria-50%Marna		
Caratteristiche della roccia intatta				
	γ [kN/m ³]	25	26	27
	C_0 [MPa]	20	40	60
	E_t [GPa]	14	17	21
	ν_u [-]	0.20	0.25	0.30
	m_i [-]	10	12	16
	s_i [-]		1	
Caratteristiche della massa rocciosa				
indici di qualità				
Deere (1964)	RQD	60	70	80
Hoek et Al. (1995)	GSI	45	55	64
Palmstrom (1996)	RMi	5	8	15
resistenza al taglio				
Hoek et Al. (1995)	m_b [-]	1.403	2.406	4.423
	s [-]	0.002	0.007	0.018
	m_d [-]	0.197	0.482	1.223
	s_d [-]	0.0001	0.0006	0.0025
Ribacchi (1994)	m_d [-]	-	-	-
	s_d [-]	-	-	-
Palmstrom (1996)	m_b [-]	4.118	4.284	6.589
	s [-]	0.063	0.040	0.063
deformabilità				
Bieniawski (1978a)	E_d [GPa]	-	10.0	28.0
Bieniawski (1978b)	E_d [GPa]	2.5	3.6	9.9
Serafim e Pereira (1983)	E_d [GPa]	7.5	13.3	22.4
Palmstrom (1996)	E_d [GPa]	10.2	12.2	15.5

Figura 6 – Caratteristiche del gruppo geomeccanico G3 assegnate in fase di PE

PROGETTO DEFINITIVO
 RELAZIONE GEOTECNICA

TABELLA 4

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI PESARO E URBINO
 Galleria GUINZA della S.G.C. Grosseto -Fano - Progettazione esecutiva

CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DELLA MASSA ROCCIOSA

		Gruppo geomeccanico G4		
		intervallo di valori		
REFERENZE	PARAMETRI	minimo	medio rappr.	massimo
	Litologie prev.	15% Arenaria-85%Marna		
Caratteristiche della roccia intatta				
	γ [kN/m ³]	24	26	27
	C_0 [MPa]	20	30	35
	E_t [GPa]	7	9	11
	ν_u [-]	0.20	0.25	0.30
	m_b [-]	8	10	12
	s_r [-]		1	
Caratteristiche della massa rocciosa				
indici di qualità				
Deere (1964)	RQD	25	35	50
Hoek et Al. (1995)	GSI	25	36	44
Palmstrom (1996)	RMI	0.7	1.5	3
resistenza al taglio				
Hoek et Al. (1995)	m_b [-]	0.549	1.017	1.624
	s [-]	0.0002	0.0008	0.0020
	m_d [-]	0.038	0.103	0.220
	s_d [-]	3.73E-06	2.33E-05	8.84E-05
Ribacchi (1994)	m_b [-]	0.385	0.712	1.137
	s_d [-]	9.61E-06	3.26E-05	7.94E-05
Palmstrom (1996)	m_b [-]	0.936	1.470	2.491
	s [-]	0.001	0.003	0.007
deformabilità				
Bieniawski (1978a)	E_d [GPa]	-	-	-
Bieniawski (1978b)	E_d [GPa]	1.1	1.4	1.7
Serafim e Pereira (1983)	E_d [GPa]	2.4	4.5	7.1
Palmstrom (1996)	E_d [GPa]	4.9	6.5	8.5

Figura 7 – Caratteristiche del gruppo geomeccanico G4 assegnate in fase di PE

Vista la prevalenza della componente marnosa all'interno dell'ammasso oggetto di studio e la minore qualità dei parametri geomeccanici, si è deciso di eseguire i calcoli assumendo il gruppo G4 come caratteristico dell'area

A questo punto, una volta stabilito il gruppo geomeccanico di appartenenza del materiale, dai parametri medi rappresentativi sono stati opportunamente dedotti i valori dell'angolo d'attrito e della coesione efficace, assumendo un disturbo del materiale pari a D=0.5.

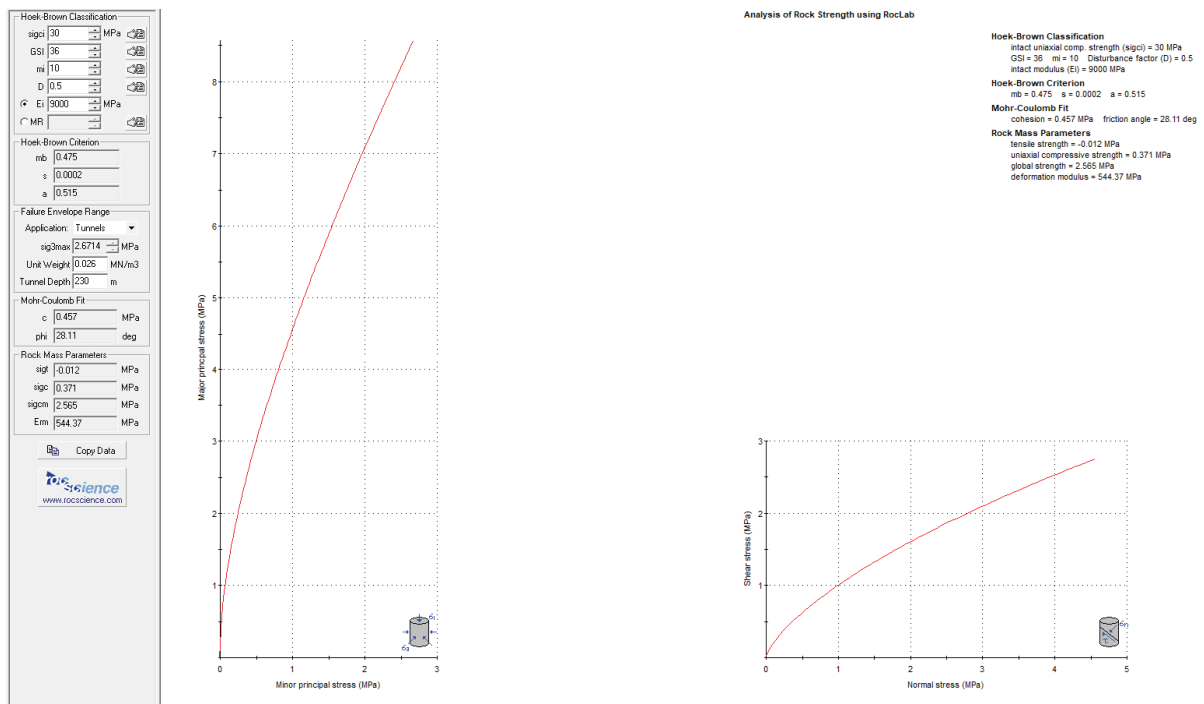


Figura 8 – Parametri di Mohr-Coulomb dell'ammasso dedotti a partire dal criterio di Hoek e Brown

Da Figura 8 è possibile osservare i valori dei parametri caratteristici del materiale, rispettivamente:

$$\varphi' = 28^\circ$$

$$c' = 457 \text{ kPa}$$

La stima del modulo elastico dell'ammasso è stata effettuata utilizzando la relazione proposta da Serafim e Pereira (1983), successivamente modificata da Hoek (2002):

$$E(\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_c}{100}\right)^{0.5} \cdot 10 \cdot \exp\left(\frac{GSI - 10}{40}\right)$$

ottenendo un valore, corrispondente a quello medio rappresentativo assunto in fase di PE, pari a Ed=4.5 GPa.

7. QUADRO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO MURI E PARATIE DI IMBOCCO LATO UMBRIA

In mancanza di dati ricavati da campagne indagini e relative caratterizzazioni, i valori geotecnici in input per lo studio dello stato di fatto ed il progetto della messa in sicurezza delle due paratie di micropali e per il progetto dei muri presenti all'imbocco lato Umbria sono stati dedotti dal certificato di collaudo dell'opera.

7.1 DATI UTILIZZATI

Di seguito vengono riportati stralci di tale documento relativamente alle caratteristiche del versante, le formazioni interessate ed i parametri geotecnici adottati.

<p>degli imbocchi della galleria. Nel caso in esame le condizioni dei due imbocchi differiscono tra loro sia per gli aspetti geomorfologici che per quelli costruttivi. Infatti l'imbocco lato Mercatello è situato nei pressi di una profonda incisione del rio Guinza, lungo un affioramento marnoso ed in condizioni di accentuata parietalità. Considerate le caratteristiche del versante, la morfologia del pendio e le opere già eseguite per lo scavo del foro pilota gli ulteriori scavi di allargamento non hanno richiesto ulteriori opere preventive di contenimento degli scavi.</p> <p>L'imbocco lato Umbria (Parnacciano), di contro, è inserito in una piccola valle (fosso del Casale) con presenza in superficie, per una potenza di circa 7 m al di sopra della formazione marnosa, di materiale detritico causato dal torrente e dalla degradazione del versante. Gli scavi quindi, da questo lato, anche in considerazione delle elevate altezze di sbancamento, sono stati preceduti da opere di contenimento del pendio realizzate con le paratie tipo "berlinese" descritte in precedenza.</p> <p>3) VISITE ALLE STRUTTURE</p> <p>I Collaudatori hanno operato n. 5 visite ai lavori nei giorni: 5.2.2002 – 10.6.2003 – 23.3.2004 – 2.12.2004 - 17.3.2006. Durante il corso delle visite hanno ispezionato le opere in corso operando saggi e riscontri, verificando la qualità dei materiali ed esaminando le certificazioni rilasciate su questi dai laboratori. Nel corso di dette visite sono stati redatti i rituali verbali che si compiegano al presente Atto.</p>	<p><i>[Handwritten signatures]</i></p>
--	--

<p>rizzazione degli interventi di sostegno sono state desunte dal rilievo geologico geostrutturale del cunicolo pilota (profilo geologico-geomeccanico) e dai rilievi geostrutturali di dettaglio in accompagnamento alla relazione geologica di progetto allegata.</p> <p>Da tali elaborati si evince che la galleria Guinza si sviluppa interamente nell'ambito della formazione flyschioide miocenica marnoso-arenacea, caratterizzata da una successione di banchi di arenarie e marne.</p> <p>Per quanto riguarda l'imbocco lato Umbria i gruppi geomeccanici in cui si è sintetizzato il terreno interessato dalla paratia presentano le seguenti caratteristiche geotecniche:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Gruppo geom.</th> <th>γ_n (KN/mc)</th> <th>ϕ' (°)</th> <th>c' (kPa)</th> <th>E (Mpa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Terreno-detrito</td> <td>18</td> <td>30</td> <td>0</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Marna arenacea</td> <td>21</td> <td>35</td> <td>200</td> <td>1000</td> </tr> </tbody> </table> <p>con γ_n (KN/mc) = peso unitario, ϕ' (°) = angolo di attrito, c' (kPa) = coesione, E (Mpa) = modulo di deformabilità.</p> <p>Il progettista nel progetto di dettaglio introduce nel programma di calcolo scelto le caratteristiche di resistenza individuate in γ_n, ϕ', c'. Tali parametri vengono desunti dalla resistenza al taglio dell'ammasso ricostruita attraverso il rapporto tra la resistenza al taglio τ e la tensione verticale σ:</p> $\tau = A \sigma_c (\sigma/\sigma_c - T)^3$	Gruppo geom.	γ_n (KN/mc)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (Mpa)	Terreno-detrito	18	30	0	30	Marna arenacea	21	35	200	1000	<p><i>[Handwritten signatures]</i></p>
Gruppo geom.	γ_n (KN/mc)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (Mpa)												
Terreno-detrito	18	30	0	30												
Marna arenacea	21	35	200	1000												

Figura 9 – Alcuni stralci del documento di collaudo della paratia relativi al quadro geotecnico

L'imbocco lato Umbria è inserito in una piccola valle (fosso del Casale) con presenza in superficie, per una potenza di circa 7m al di sopra della formazione marnosa, di una coltre di materiale detritico causato dalla degradazione del versante.

Per quanto riguarda l'imbocco lato Umbria, i gruppi geomeccanici in cui si è sintetizzato il terreno interessato dalla paratia presentano le seguenti caratteristiche geotecniche:

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOTECNICA

Litotipo	γ [kN/ m ³]	ϕ' [°]	c' [kPa]	E [MPa]
Coltre detritica	18	30	0	30
Marna arenacea	21	35	200	1000

Per i dettagli del modello di calcolo di ciascuna opera si rimanda alla specifica relazione di calcolo.

7.2SISMICITA'

Si rimanda alla Relazione Sismica allegata al progetto.